中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）44(1)：15～25（1995）

氮肥用量對玉米農藝性狀組合力及雜種優勢表現之影響[1]

謝光照　何千里　盧煌勝[2]

摘要：本試驗以六個自交系及其十五個 F_1 雜交種爲材料，在不同氮肥等級（分爲60，120，180，240N kg/ha）下進行，目的在評估氮肥用量對玉米農藝性狀組合力及雜種優勢表現之影響。試驗結果如下：氮肥處理對各種性狀均未達顯著差異，可能係由於各基因型對氮肥之需求量不同，相互抵消所致。而各種性狀基因型間呈現極顯著之差異。同一氮肥用量下各種農藝性狀在自交系之一般組合力（GCA）效應有明顯差異；而不同氮肥用量間，大部份自交系之一般組合力及 F_1 雜交種之特定組合力呈現一致的效應。各性狀基因之顯性度，僅果穗比率及 TDN 易受氮肥用量改變外，其餘性狀不易受氮肥用量所影響，皆以超顯性爲主。每穗子粒數、百粒重及子粒產量則以高氮肥（120～240）下有較高之雜種優勢值(H_1)。

關鍵詞：玉米、氮肥用量、組合力、雜種優勢。

玉米屬 C_4 型植物，在氮素利用上被認爲具有較高效率。而作物乾物質生產爲生理作用之綜合表現，因此亦受氮素供應適當與否所直接影響，一般氮肥施用量增加，鮮草及乾物質產量隨之增加[8]；同時氮素對玉米子粒重的增加有著顯著的促進作用[20,21,22]。故一般在經濟栽培時，如欲獲得高子粒產量，常以提高氮肥供給量爲手段[6]。但玉米植株對氮肥累積的型式[19]、硝酸的吸收與利用效率[12]及最高子粒產量下之需肥量[16]常因基因型不同而有明顯差異。而這些性狀的表現受基因控制，根據學者研究指出玉米開花期、吐絲期、行數、每行粒數、百粒重及單株葉面積以累加性（additive）基因佔較大比例，其子粒產量的表現則以非累加性（non-additive）佔較重要[1,13]。

雜種優勢在玉米上的利用極爲重要且普遍，但環境因子如溫度、肥料及密度對雜種優勢的影響常被忽略，有報告指出在不良環境下會有較佳之雜種優勢值[3,23]。但另外學者則認爲在肥料供應充足及營養份適當環境中雜種優勢才可發揮其最大潛力[6,11]。究竟在何種氮肥用量之生長環境下，玉米雜種優勢才有最大的表現，是一個值得深討的問題。本試驗目的即在探討氮肥施用量對玉米青割、子粒產量及其他農藝性狀組合力及對雜種優勢表現之影響。

材料與方法

本試驗所使用的自交系代號、譜系、來源及粒型如表 1 所列。三個馬齒種及三個硬粒種之半互交

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1765 號。
2. 本所農藝系助理研究員、助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

的15個 F_1 及 6 個親本，在1991年 9 月19日播種於農試所試驗田。田間土壤之含氮量爲40 kg/ha。田間試驗採逢機完全區集之裂區設備，三區集，N 肥等級爲主區分爲60，120，180，240kg/ha四級，逢機排列於各區集內之主區，品系爲副區，逢機排列於副區。肥料分基肥及追肥兩次施用。基肥以臺肥39號複合肥料（N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12）每公頃施500kg，於播種前施入土內。其餘氮肥量以硫酸錏（N＝21%）於齊膝期培土時施用。小區行長 4 公尺，行株距70×25公分，三行區。每穴兩粒播，出土 2 星期後間拔僅留一株，田間管理包括除草、中耕、培土及灌溉，均依照一般玉米栽培方法進行。各性狀之調查方法如下：

表1. 六個參試自交系之背景資料

Table 1. Backgrounds of the six inbred lines evaluated.

Code	Inbreds	Pedigree	Origin	Kernel type
A	Hi 25	(B14A x MV source) BC_4	Hawaii, USA	Dent
B	Hi 31	(B68 x MV source) BC_5	Hawaii, USA	Dent
C	Hi 33	(Mo17 x MV source) BC_5	Hawaii, USA	Dent
D	Antigua-D	Antigua	Caribbean	Flint
E	Sw 654	Suwan-1	Thailand	Flint
F	TA80-2598-44	(TA80-2598 x Suwan-1) BC_5	TARI, Taiwan	Flint

一、開花期（days to tasseling）：係指由播種日起至小區中50%植株達雄穗始花所需之日數，以日表示。

二、吐絲期(days to silking)：由播種日起至小區中50%植株雌穗開始吐絲所需之日數，以日表示。

三、葉面積（leaf area per plant）：於吐絲後一星期每小區的中間行逢機調查10株，由頂端下數第八片葉的長度與寬度的乘積，再乘以0.75及9.39所獲的 cm^2 數値之平均値[17]。

四、乾物重（dry weight）：於吐絲後35天，每小區取三株，在70°C下烘乾七天後，稱其乾重以 g 表示。

五、果穗比率（ear percentage）：上述取樣之植株及果穗分別烘乾，其中果穗佔整株乾物重之比率，以%表示。

六、總營養消化率（TDN%－total digestable nutrient percentage：青割玉米 TDN 測定比照日本 Pioneer Hybrid company[12]之下列公式計算之：

$$\frac{(\text{莖葉加苞葉乾重}\times 0.582)+(\text{穗乾重}\times 0.85)}{(\text{莖葉加苞葉乾重}+\text{穗乾重})}\times 100=\text{TDN\%}$$

七、每穗子粒數（kernel number per ear）：由上述 5 穗之每穗子粒數。

八、百粒重（100－kernel weight）：5 穗脫粒後，逢機取100粒種子之重量，以g 表示。

九、直線生長速率(LGR－linear grain filling rate)：由子粒充實期，每一取樣時期所測之子粒重，求直線充實期間，充實日數與子粒重迴歸方程式，其回歸係數即爲 LGR(mg/kernel-day)。

十、子粒產量（grain yield）：每小區採取中間一行之五株子粒產量之平均値，以 g／5 plant 爲單位。

試驗所得數據，先進行合併之變方分析及平均值顯著性測驗。再分別以 Griffing[10]模式 I 方法二進行全互交分析。同時估算各性狀在各種氮肥等級下之雜種優勢〔heterosis, $H_1=(F_1-\overline{MP})/\overline{MP}\times100$〕與純雜種優勢〔Heterobeltiosis, $H_2=(F_1-HP)/HP\times100$〕[9]。

結　果

本試驗所獲數據之變方分析列於表 2，顯示氮肥處理對所有性狀，均未達顯著差異，而基因型間在所有性狀皆達極顯著差異。調查性狀中，僅單株葉面積、子粒直線生長速率（LGR）、乾物重及子粒產量具有氮肥與基因型之交感作用。由表 3 之平均值，可看出所有性狀之氮肥施用量處理雖沒有顯著差異，但在單株葉面積呈現隨著氮肥施用量之增加而增加的趨勢。而子粒產量之表現，在氮素60～120kg/ha 之間效果較明顯，而當氮肥超過120kg/ha 時，則沒有效果。一般自交系比其 F_1 雜交種較晚開花及吐絲之現象，F_1雜交種中以 A×B，D×E，D×F 及 E×F 較晚開花及吐絲。單株葉面積在自交系中，則以 D 及 E 具有較大的葉面積，而雜交種中，也可看出親本為 D 或 E 之一者，具有較大之葉面積。青割乾物重，自交系中以 D 及 E 較大；而雜交種中則以 B×D，C×D，D×E，D×F 及 E×F 等較重。果穗比率，自交系中以 A、C、F 較大；而雜交種則以 A×D，A×E，A×F 及 C×E 等較大。每穗子粒數，呈現自交系較 F_1 雜交種來得少，而雜交種中以 C×D，C×F，D×E，D×F 等每穗具有較多的子粒數。百粒重的小大呈現自交系較 F_1 雜交種小，而雜交種中以 A×E，B×E，C×E 三者較大。子粒直線生長速率，一般以自交系較 F_1 雜交種小，而 F_1 雜交種中，則以 A×D，A×E，A×F，B×E，C×F 較大。子粒產量在自交系間以 D 及 F 較大，而 B 呈現極低之子粒產量；F_1 雜交種中以 A×E，B×E，C×E，D×E，E×F 等較高產。綜合觀之，在自交系中，以硬粒種較馬齒種佳；而 F_1 雜交種中，以硬粒重×馬齒種及硬粒種×硬粒種之組合內，有較高青割乾物重及子粒產量之組合出現。

表2. 六個自交系及半全互交 F_1 雜交種在四種氮肥用量下之均方值

Table 2. Mean squares of six inbreds and their half-diallel hybrids evaluated at four nitrogen rates.

Source of Variation	Degree of freedom	Mean squares									
		Days to tsaaeling	Days ot silking	Leaf area per plant	Dry weight	Ear Percentage	TDN	Kernel number per ear	100-kernel weight	LGR	Grain yield
Block	2	4.19	1.03	939	1.18	29.4	2.36	818	1.42	1.31	127
N rate	3	1.38	5.86	767	0.44	26.7	1.36	326	1.72	2.55	54
Main plot error(Ea)	6	1.36	3.54	285	4.81	17.1	8.07	301	3.97	1.13	65
Genotype	20	138.83**	197.37**	9,405**	193.74**	108.5**	7.39**	6,805**	227.02**	19.64**	2,675**
N×Genotype	60	0.86	1.68	359**	5.36*	24.3	1.71	193	4.38	3.18**	41*
Error(Eb)	160	1.15	1.88	249	4.38	20.3	1.51	173	3.84	1.98	30

*, ** Significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

表3. 不同氮肥等級與基因型之各種農藝性狀之平均值

Table 3. Means for agronomic characteristic of nitrogen rates and genotypes.

Source	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Leaf area per plant (㎠)	Dry weight (g/3-plant)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Kernel number per ear(No.)	100-kernel weight (g)	LGR (mg/kernel -day)	Grain yield (g/5 plant)
60	58.9	62.5	4,576	503	33.7	67.2	343	24.8	7.46	412
120	59.0	62.6	4,634	500	35.2	67.6	360	24.5	7.70	431
180	59.1	62.4	4,630	499	34.1	67.3	356	24.4	7.41	433
240	58.8	62.4	4,828	497	34.1	67.4	353	24.7	7.11	431
$LSD_{(0.05)}$	0.5	0.8	232	30	1.8	0.4	24	0.8	0.46	35
AA	59.8	65.7	3,183	272	38.0	68.4	211	20.7	7.31	182
AB	59.8	66.1	3,719	301	35.7	67.7	227	24.4	6.66	235
AC	54.5	58.5	4,714	450	35.1	67.5	364	23.3	7.10	381
AD	55.3	58.2	5,257	509	37.0	68.0	333	26.3	9.14	426
AE	55.8	57.5	5,428	570	38.7	68.6	393	32.2	9.06	607
AF	56.2	58.3	4,526	514	37.9	68.3	381	24.3	9.09	443
BB	65.8	69.8	3,476	336	29.9	66.2	202	21.9	6.25	179
BC	57.4	61.4	5,109	562	32.9	67.2	382	25.7	6.78	474
BD	58.8	63.1	5,794	624	34.0	67.3	396	27.8	8.57	562
BE	58.7	60.4	5,668	645	29.6	66.1	398	31.5	9.27	612
BF	57.4	59.4	4,921	564	33.0	67.0	384	27.0	7.50	505
CC	60.4	65.3	3,603	315	36.7	68.0	271	17.8	5.30	205
CD	55.8	59.3	5,100	623	32.7	67.0	460	23.1	7.26	526
CE	55.6	57.4	5,730	494	38.5	68.5	373	32.0	9.05	582
CF	55.8	58.8	4,445	500	35.1	67.5	416	22.4	6.44	495
DD	65.8	70.0	4,534	483	31.6	66.6	325	17.3	5.76	280
DE	59.6	63.6	5,559	689	30.9	66.4	453	24.3	6.62	548
DF	58.8	63.7	4,523	616	33.5	67.0	412	25.0	6.87	514
EE	63.3	65.8	4,762	514	30.3	66.5	362	23.5	6.34	426
EF	59.3	61.8	5,280	615	31.2	66.5	403	28.4	6.74	584
FF	64.1	67.9	2,677	299	36.9	68.1	272	17.4	5.39	220
$LSD_{(0.05)}$	0.8	1.1	403	57	3.6	1.0	33	1.6	1.13	48
$LSD_{(0.01)}$	1.1	1.4	532	75	4.8	1.3	44	2.1	1.50	63

基因型間在不同氮肥施用量下，其青割乾物重之表現趨勢並不相同，隨著氮肥施用量的增加而遞增的有 A×C，E×F 等組合。當氮肥施用量由60增加到180kg/ha 時達到最高點，然後呈現下降的組合有 A×A，A×B，A×D，A×E，B×D，B×E，C×C，C×F 等。當氮肥增加至120kg/ha 時，青割乾物重爲最大，然後呈下降現象的有 A×F，B×B，B×F，C×D，D×D 等基因型。而氮肥施用量由60至240kg/ha 之間，其青割乾物重呈現下降或持平的有 B×C，C×E，D×E，D×F，E×E 及 F×F 等組合。由此可看出基因型不同，達到最高乾物重之氮肥需求量亦有異(表 4)。

表4. 不同氮肥用量下各基因型之青割乾物重（吐絲後35天）及子粒產量（成熟期）之平均值

Table 4. Means for dry weight (35DAP) and grain yield (maturity) at various nitrogen rates.

Source	Dry weight (g/3-plant)				Grain yield (g/5-plant)			
	60	120	180	240	60	120	180	240
AA	267	253	324	244	171	165	182	209
AB	302	285	333	284	213	225	272	230
AC	407	402	411	509	383	413	393	333
AD	486	542	543	465	406	433	452	413
AE	531	578	594	575	605	624	629	569
AF	540	561	411	544	438	499	384	451
BB	316	348	323	356	185	181	186	164
BC	607	559	514	568	484	488	438	488
BD	567	651	657	621	505	584	599	563
BE	603	680	683	614	534	616	619	681
BF	544	584	567	561	485	563	487	486
CC	294	287	399	282	208	170	226	218
CD	652	667	606	565	557	535	527	485
CE	534	449	478	516	582	590	595	562
CF	464	492	544	502	385	501	544	551
DD	454	484	457	536	261	285	262	313
DE	754	737	601	664	491	552	566	584
DF	644	612	627	581	495	485	540	537
EE	562	473	531	490	457	419	446	382
EF	617	595	592	658	542	502	597	634
FF	348	273	281	295	270	233	170	209
$\bar{X}$	503	500	499	497	412	431	429	431
$LSD_{(0.05)}$	11	12	11	11	8	10	10	11

子粒產量在不同氮肥用量下，基因型間之表現趨勢也有所不同。氮肥施用量由60至240kg/ha 之間，其子粒產量呈現增加的有 A×A，B×E，C×F，D×E，E×F 等組合。氮肥用量由60增至180 kg/ha 時達到最高產量，然後呈下降之趨勢的有 A×B，A×C，A×D，A×E，B×B，B×D，C×E，D×F。氮肥施用量在120kg/ha 即達最高產量，隨後快速下降或持平的組合有 A×F 及B×F。氮肥用量由60至240kg/ha 之間其子粒產量呈持平或下降者有 B×C，C×C，C×D，E×E 及 F×F 等基因型，由此可看出基因型不同，達到最高子粒產量之氮肥需求量也有所不同（表４）。

不同氮肥用量下，各種農藝性狀組合力分析之均方值，如表５所示。可看出當氮肥由60至240kg/ha 間，開花期之一般組合力（GCA）及特殊組合力（SCA）均方均達極顯著，且其 GCA 均方與 SCA 均方比值接近於１，表示開花期是由累加性與非累加性基因共同控制。吐絲期在不同氮肥處理間，其 GCA 及 SCA 均達極顯著，而其 GCA／SCA 比值除60氮肥接近１外，其餘小於１，表示在60kg/ha 下，GCA 與 SCA 同等重要，而在120至240kg/ha 氮肥時，控制吐絲期之基因成份以非累加性佔較大比例。單株葉面積之 GCA 及 SCA 均方均達極顯著，在60kg/ha 氮肥時之 GCA／SCA 比值接近１，而在120至240kg/ha 間其比值均大於１，顯然在較高氮肥下，其累加性佔較大比例。青割乾物重，其 GCA 及 SCA 均方在各種氮肥等級下均達極顯著，同時其 GCA／SCA 比值均大於１，表示以累加性佔較大比例。果穗比率及 TDN，在四種氮肥處理下，顯示均以累加性均方佔較大比例。每穗子粒數之 GCA 及 SCA 均方均達極顯著，同時其 GCA／SCA 比值均大於１，顯然也以累加性基因佔較大部份。百粒重，在四種氮肥等級下，其 GCA 及 SCA 均方均爲極顯著，在60及180 kg/ha 時之 GCA／SCA 比值大於１，而在120及240kg/ha 氮肥時，其比值則接近１。子粒直線生長速率（LGR）在不同氮肥處理下，組合力表現略不同，在60kg/ha 氮肥時僅 SCA 達極顯著且其 GCA 及 SCA 比值小於１；120kg/ha 時 GCA 及 SCA 均方均達極顯著，其比值大於１；氮肥爲180 kg/ha 下，其GCA 及 SCA 均達極顯著，由 GCA／SCA 比值近於１，顯然由累加性與非累加性共同

控制；在氮肥爲240kg/ha 時，GCA 均方達顯著，而 SCA 均方亦達極顯著，GCA／SCA 比值小於1，顯然在氮肥爲240kg/ha 時以非累加性基因佔較大部份。成熟期子粒產量的表現，其 GCA 及 SCA 均方均達極顯著，顯然由非累加性及累加性共同控制子粒產量之表現，而在120氮肥時，則以非累加性基因佔較大部份。

表5. 六個自交系及其半全互交 F_1 雜種農藝性狀組合力分析之均方値

Table 5. Mean squares for combining ability of agronomic characteristic at six inbreds and their half-diallel hybrids.

Nitrogen rate	Source of variation	Df	Days to tasseling	Days to silking	Leaf area per plant	Dry weight	Ear percentage	TDN	Kernel number per ear	100-kernel weight	LGR	Grain yield
60	GCA	5	10.29**	14.54**	806**	296**	29.7**	1.82**	670**	25.0**	1.25	220**
	SCA	15	8.94**	15.39**	846**	137**	11.7*	0.78*	235**	16.4**	3.48**	174**
	Error	40	0.94	0.69	62	15	5.4	0.37	49	1.1	0.86	7
	GCA/SCA		1.15	0.94	0.95	2.16	2.54	2.33	2.85	1.52	0.36	1.26
120	GCA	5	11.03**	10.88**	956**	306**	30.7**	2.13**	957**	17.4**	1.83**	203**
	SCA	15	9.94**	20.06**	536**	179**	7.5	0.61	705**	18.2**	1.37**	257**
	Error	40	0.48	0.78	94	19	7.4	0.55	55	1.1	0.49	12
	GCA/SCA		1.11	0.54	1.78	1.71	4.09	3.49	1.36	0.95	1.33	0.79
180	GCA	5	12.95**	14.47**	1,813**	211**	16.9	1.19	874**	35.5**	2.04**	304**
	SCA	15	12.49**	18.68**	780**	122**	10.7	0.79	659**	20.7**	2.25**	225**
	Error	40	0.30	0.53	126	16	7.5	0.63	79	1.0	0.55	12
	GCA/SCA		1.03	0.77	2.32	1.73	1.58	1.51	1.32	1.71	0.91	1.35
240	GCA	5	12.90**	11.07**	1,595**	243**	40.1**	2.75**	914**	21.2**	2.00*	269**
	SCA	15	12.10**	18.64**	751**	139**	11.1*	0.75	521**	18.3**	3.53**	240**
	Error	40	0.20	0.50	64	15	5.6	0.45	53	1.9	0.72	15
	GCA/SCA		1.06	0.59	2.12	1.75	3.61	3.67	1.75	1.16	0.56	1.12

*,** Significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

不同氮肥等級下，自交系各種農藝性狀之一般組合力（GCA）效應詳列於表 6。由表中可看出在各種氮肥等級下，開花期的 GCA 效應，A 及 C 爲負效應（早開花），其餘自交系爲正效應（晚開花）。吐絲期 A,C,E 呈負效應（早吐絲），B 及 D 爲正效應（晚吐絲），F 自交系在氮肥60及120 kg/ha 下爲負效應，而於高氮肥180及240kg/ha 下則表現出正的 GCA 效應。單株葉面積及青割乾物重，在 A,B,C,F 爲負效應，而 D 及 E 呈正效應。果穗比率及 TDN 兩性狀，自交系 B,D,E 爲負效應，而 A,C 爲正效應；自交系 F 在60至180kg/ha 爲正效應，但在240kg/ha 時則轉變爲負效應。每穗子粒數的表現，在自交系 A 及 B 爲負效應，而 C,D,E,F 等則爲正效應。百粒重方面，自交系 C,D 及 F 爲負效應，其餘自交系則爲正效應。LGR 的表現，A 及 E 爲正效應，而 C 及 F 爲負效應；B 自交系在低氮肥下60及120kg/ha 爲極低的負效應，在高肥下轉爲正效應；D 自交系僅氮肥爲120 kg/ha 時爲正效應，其餘氮肥處理下皆爲負效應。成熟期子粒產量，自交系 A,B 及 C 呈負效應，而 D,E,F 則爲正效應。綜合顯示，各種性狀在同一氮肥用量下，自交系間之 GCA 效應，有明顯差異存在；而在不同氮肥等級間各種性狀之表現，大部份自交系之GCA 效應呈現相一致的效應。大部份 F_1 雜交種之特定組合力效應（SCA），在不同氮肥用量，呈現一致之負效應（表省略）。

表6. 在不同氮肥用量下自交系各種農藝性狀一般組合力效應

Table 6. Genernal combining ability effect for agronomic characteristics at various nitrogen rates.

Source	Days to tasseling (day)				Days to silking (day)			
	60	120	180	240	60	120	180	240
A	−1.43	−1.47	−1.00	−1.61	−0.98	−0.79	−0.90	−0.93
B	0.40	1.36	1.87	1.30	2.05	1.00	1.80	1.48
C	−1.39	−1.43	−1.75	−1.57	−1.32	−1.45	−1.56	−1.43
D	1.27	0.57	0.71	0.85	1.26	1.71	1.34	1.03
E	0.65	0.61	0.42	0.34	−0.65	−0.33	−0.82	−0.68
F	0.48	0.36	0.12	0.68	−0.36	−0.12	0.13	0.53
S.E. (gi-gj)	0.48	0.35	0.27	0.22	0.41	0.44	0.36	0.35
	Leaf area per plant (cm^2)				**Dry weight (g/3plant)**			
	60	120	180	240	60	120	180	240
A	−224	−296	−416	−409	−81	−78	−69	−76
B	−168	−25	−53	−48	−33	−6	−11	−14
C	31	−68	−41	−122	−24	−45	−17	−31
D	432	297	298	382	61	84	57	61
E	341	576	755	667	80	60	65	66
F	−381	−434	−542	−469	−2	−14	−23	−5
S.E. (gi-gj)	124	154	178	126	19	22	20	20
	Ear percentage (%)				**TDN (%)**			
	60	120	180	240	60	120	180	240
A	2.59	1.65	1.68	4.32	0.66	0.42	0.48	1.10
B	−1.86	−2.82	−1.52	−1.34	−0.54	−0.72	−0.36	−0.31
C	1.84	2.19	0.30	0.32	0.46	0.61	−0.11	0.18
D	−0.52	−0.86	−1.14	−1.83	−0.17	−0.28	−0.27	−0.49
E	−2.16	−1.29	−1.04	−0.73	−0.40	−0.32	−0.23	−0.24
F	0.12	1.12	1.71	−0.74	0.00	0.28	0.49	−0.24
S.E. (gi-gj)	1.16	1.36	1.37	1.19	0.30	0.37	0.39	0.23
	Kernel number per ear (No.)				**100-kernel weight (g)**			
	60	120	180	240	60	120	180	240
A	−45	−46	−44	−38	0.08	0.10	0.00	−0.27
B	−22	−37	−32	−45	0.63	1.01	1.23	1.18
C	3	8	7	13	−0.71	−1.17	−1.13	−1.96
D	19	36	33	27	−1.57	−1.19	−1.73	−0.96
E	32	31	34	35	3.13	2.39	3.56	2.58
F	14	8	2	9	−1.57	−1.14	−1.93	−0.55
S.E. (gi-gj)	11	12	14	11	0.53	0.52	0.49	0.68
	LGR (mg/kernel-day)				**Grain yield (g/5 plant)**			
	60	120	180	240	60	120	180	240
A	0.57	0.27	0.72	0.85	−59.8	−62.6	−73.8	−75.2
B	−0.06	−0.08	0.27	0.11	−34.2	−22.9	−37.2	−30.1
C	−0.34	−0.54	−0.40	−0.49	−15.0	−19.2	−19.4	−20.8
D	−0.32	0.54	−0.53	−0.11	13.7	17.2	28.0	23.0
E	0.40	0.38	0.31	0.13	92.7	87.5	121.7	96.3
F	−0.26	−0.58	−0.37	−0.49	2.6	0.5	6.7	6.8
S.E. (gi-gj)	0.46	0.35	0.37	0.42	13.4	17.5	18.0	19.4

性狀遺傳基因之成份，主要分爲累加及非累加性兩部份，本試驗所調查的性狀中，除果穗比率及TDN 兩項之 SCA 在氮肥用量爲120，180，240kg/ha下不顯著外，其餘性狀在各種氮肥等級下，皆達極顯著。而基因顯性程度可分爲超顯性、顯性、部份顯性等。性狀的非累加性基因部份在各種氮肥等級下，是以何種顯性程度之基因佔優勢，由表 7 可看出開花期及吐絲期之雜種優勢及純雜種優勢在各種氮肥用量下均爲負值(生長速快)，表示以超顯性基因爲主，且呈現提早開花及吐絲之效應。果穗比率在120kg/ha氮肥時爲超顯性，其餘氮肥等級下皆爲部份顯性爲主。TDN 的表現在60及120kg/ha氮肥時爲超顯性，而在180及240kg/ha氮肥時則轉變爲部份顯性。單株葉面積、青割乾物重、每穗子粒數、百粒數、子粒直線生長速率及子粒產量等性狀，在各種氮肥等級下皆爲正的雜種優勢(H_1)及純雜種優勢估值 (H_2) ，顯然是由超顯性基因所控制，且呈現增加之效應。

表7. 不同氮肥用量下各種農藝性狀之雜種優勢(H_1%)^z 及純雜種優勢(H_2%)^y

Table 7. Heterosis (H_1%)^z and Heterobeltiosis (H_2%)^y for agronomic characteristics at four nitrogen rates.

Nitrogen rate	Days to tasseling	Days to silking	Leaf area per plant	Dry weight	Ear percentage	TDN	Kernel number per ear	100-kernel weight	LGR (mg/kernel)	Grain yield
					H_1^z					
60	−9.14	−9.13	49.3	52.9	2.83	−0.002	24.8	30.5	37.3	87.8
120	−8.92	−11.03	30.0	60.7	−6.80	−1.089	49.7	34.5	17.8	111.6
180	−9.58	−10.69	43.0	46.4	5.56	0.660	53.4	35.7	21.9	113.7
240	−9.76	−10.32	33.0	55.7	9.50	1.076	43.7	35.1	52.2	108.4
LSD$^{(0.05)}$	0.77	1.65	17.8	11.9	13.80	1.888	25.4	4.7	31.4	23.8
					H_2^y					
60	−11.54	−11.32	33.56	28.3	−6.18	−1.282	12.4	20.0	20.3	52.2
120	−11.66	−12.46	15.84	37.3	−15.00	−2.129	27.9	25.5	5.5	82.0
180	−11.84	−12.78	20.38	22.5	−4.97	−0.753	32.6	23.6	6.3	73.6
240	−12.10	−12.17	15.26	29.5	−0.21	−0.027	23.2	23.9	36.6	73.9
LSD$^{(0.05)}$	0.48	1.25	17.02	12.1	12.34	1.771	17.2	4.6	29.2	25.5

$^zH_1=\frac{F_1-\overline{MP}}{\overline{MP}}\times 100$ $^yH_2=\frac{F_1-\overline{HP}}{\overline{HP}}\times 100$

大部份性狀之雜種優勢估值 (H_1) ，在不同氮肥用量間未能表現較一致之趨勢，但可看出所調查的性狀中，每穗子粒數、百粒重及子粒產量均以高氮肥 (120-240kg/ha) 下具有較高的雜種優勢值 (表７) 。

討 論

氮素爲構成植物蛋白質與葉綠素的主要成份，與各項生理活性、子粒重及子粒產量，乃至於乾物質產量的表現有密切關係，故氮肥施用量的多少，會影響農藝性狀的表現，本試驗所使用的氮肥用量分60，120，180，240N-kg/ha四種，試驗結果顯示各性狀之氮肥處理效果未達顯著差異，可能所使用之基因型有21個，而不同基因型對氮肥的吸收與利用效率有明顯差異(8,13)及各基因型在最高子粒產量下之需肥量不同(19)造成互相抵消，再者可能由裂區設計主區效應減低，以致未見氮肥之處理效果。但在60與120氮肥之間，子粒產量的表現乃可看出氮肥有促進作用。一般氮肥與玉米子粒產量之關係，學者認爲當土壤氮肥由零漸漸增加至某一定量時，其子粒產量隨著施肥量的增加而升高，但超過

某一範圍則不再增加，反而有下降趨勢[4,5,7,18]；同時基因型不同達到最高子粒產量的需肥量也有所不同[16]，本試驗之結果顯示不同基因型間，青割乾物重及子粒產量之需肥量有所差異，有的基因型在60至240N-kg/ha之間其產量之反應呈直線增加之趨勢；有的在120或180N-kg/ha即已達最高點，然後隨著氮肥施用量的增加而下降；有的基因型對氮之需求量在60～240N-kg/ha間呈現持平或下降之反應趨勢，與 Smicklas and Below[19]及Moll *et al.*[16]之結果相符合。而各基因型在同一氮肥用量下之子粒產量的表現也有所差異，可能與基因型間氮肥、乾物重及子粒產量等之累積型式及利用效率不同有關[8,13]。

通常玉米子粒產量受積儲、供源、氮素分配等多種因子所影響，一般積儲的大小受每穗子粒數、子粒大小及每株穗數所構成；供源的大小由單株葉面積及光合作用活性所構成，因此供源與積儲的大小對子粒產量影響很大[4,14]，而這些性狀係基因控制，由 GCA／SCA 均方比值，可知單株葉面積、百粒重、每穗子粒數以 GCA 均方佔較大比例，而子粒產量表現則以 SCA 均方佔較重要[1,13]，而這些性狀遺傳組成分，即累加性與非累加性之比例，是否會因氮肥用量的不同，而改變其重要性。本試驗顯示不同氮肥用量下，各種農藝性狀組合力分析之結果，可看出吐絲期、單株葉面積、百粒重、直線生長速率及子粒產量等性狀之 GCA／SCA 比值，易受氮肥用量改變其比值；然而開花期、青割乾物重、果穗比率、TDN、每穗子粒數等則較不易受氮肥用量而有所改變。其中自交系之一般組合力效應，在不同氮肥用量間，大部份自交系呈相當一致的正負效應，顯示一般組合力效應不易因氮肥用量之不同而大幅改變其效應值。各種性狀之非累加性基因之表現，即雜種優勢值（H_1）在不同氮肥用量間亦有差異，與許多學者[3,6,11,23]指出雜種優勢的表現潛力常因環境因子而改變之結果相符合。本試驗於不同氮肥用量處理下，大部份農藝性狀之雜種優勢值並未隨氮肥之施用量而呈現一致之趨勢，但仍可看出每穗子粒數、百粒重及子粒產量等性狀，在氮素60至180kg/ha時其雜種優勢值（H_1）呈現增加趨勢，但當氮肥施用量達240kg/ha時，則其雜種優勢值稍微下降，與黃等[2]指出玉米子實重在氮素160kg/ha比240kg/ha下具有較高之雜種優勢值相類似。可能由於部份氮肥流失，致使本試驗所使用的六個自交系所得的 F_1 雜交種之每穗子粒數、百粒重及子粒產量之雜種優勢的表現，在較高氮肥用量下（如120～240 kg/ha）呈現較大，這與 Burkholder and McVeigh[6]所提的結論相符合，彼等認爲在營養份充分供給時，雜種優勢表現呈增加現象。而氮肥用量對雜種優勢之影響，可能因性狀而異。

控制各項農藝性狀表現之基因，其顯性度的大小當因性狀之不同，其受氮肥用量之影響程度略有不同，本試驗所調查的性狀中，僅果穗比率、及總營養消化率（TDN）之顯性度較易受氮肥用量所影響，而開花期、吐絲期、單株葉面積、青割乾物重、每穗子粒數、百粒重、子粒直線生長速率及子粒產量等性狀在不同氮肥用量下皆爲超顯性，顯然此等性狀較不易受氮肥用量而大幅影響其顯性度。

綜合上述之結果，顯示各性狀在氮肥用量間之平均表現趨勢不明顯，可能由於土壤內每公頃已具有 40kg 氮素及不同基因型需肥量之不同而相互抵消所致，但由此次之結果仍可看出，大部份性狀由累加性及非累加性基因共同控制，且均以累加性基因佔較大部份。其中自交系之一般組合力效應較不易受氮肥用量而大幅改變效應值。而每穗子粒數、百粒重及子粒產量之雜種優勢值在某一氮肥用量內有隨著用量之增加而遞增之趨勢。各項性狀基因顯性度的表現除果穗比率及總營養消化率(TDN)易受氮肥用量而大幅改變其顯性度外，大部份性狀在不同氮肥用量下皆相當一致，呈現超顯性。

引用文獻

1. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種及硬粒種玉米自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究 35：145-164。

2. 黃懿秦、彭雲明、曾美倉。1991。氮肥用量與栽培密度對玉米雜種優勢的影響。中華農藝 1：115-130。

3. Allard, R. W., and A. D. Bradshaw. 1964. Implication of genotype-environment interaction in applied plant breeding. Crop Sci. 4 : 503-508.

4. Balko, L. G., and W. A. Russell. 1980. Response of maize inbred lines to N fertilization. Agron. J. 72 : 723-728.

5. Bundy, L. G., and P. R. Carter. 1988. Corn hybrid response to nitrogen fertilization in the northern corn belt. Prod. Agric. 1 : 99-1044.

6. Burkholder, P. R., and I. McVeigh. 1940. Growth and differentiation of maize in relation to nirogen supply. Am. J. Bot. 27 : 414-424.

7. Carlone, M. R., and W. A. Russell. 1987. Response to plant densites and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. Crop Sci. 27 : 465-570.

8. Chevalier, P., and L. E. Schrader, 1977. Genotypic differences in nitrate absorption and partitioning of N among plant parts in maize. Crop Sci. 17 : 987-901.

9. Frankel, R. 1983. Monographs on theoretical and applied genetics, Vol.6 Heterosis. Springer-Verlag Berlin Heideberg.

10. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. Boil. Sci. 9 : 463-493.

11. Griffing, B., and E. Zsiros. 1971. Heterosis associated with genotype-environment interaction. Genetics. 68 : 443-455.

12. Japan pioneer hybrid Co. Ltd. 1986. Handbook for field experiment. The Company, Tokyo.

13. Katsantonis, N., A. Gagianas, and N. Fotiadis. 1988. Genetic control of nitrogen uptake, reduction and partitioning in maize (*Zea mays* L.) . Maydica 33 : 99-108.

14. Lemcoff, J. H., and R. S. Loomis. 1986. Nitrogen influences on yield determination in maize. Crop Sci. 26 : 1017-1022.

15. Lian, S. 1986. Characteristics of corn production in the drained paddies and their fertility managements in Taiwan. Soils and Fertilizers in Taiwan 1986 : 65-92.

16. Moll, R. H., E. J. Kamprath, and W. A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J. 74 : 562-564.

17. Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15 : 691-694.

18. Rending, V. V., and F. E. Broadbent. 1979. Protein and Amino acid in grain of maize growth with various levels of applied N. Agron. J. 71 : 509-512.

19. Smicklas, K. D., and F. E. Below. 1991. Influence of heterotic pattern on nitrogen use and yield of maize. Maydica 35 : 209-213.

20. Tsai, C. L., I. Dweikat, and C. Y. Tsai. 1991. Effect of source supply and sink demamd on the carbon and nitrogen ratio in maize kernels. Maydica 35 : 391-397.

21. Tsai, C. Y., D. M. Huber, and H. L. Warren. 1978. Relationship of the kernel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18 : 399-404.

22. Tsai, C. Y., D. M. Huber, and H. L. Warren. 1980. A proposed role of zein and glutelin as N sink in maize. Plant Physiol.60 : 330-333.

23. Ulger, A. C., and H. C. Becker. 1989. Influence of year and nitrogen treatment on the degree of heterosis in maize. Maydica 34 : 163-170.

The Effect of Nitrogen Rate on the Conbining Ability and Heterosis in Maize Traits[1]

Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu[2]

Summary

This experiment was conducted to evaluate the effect of nitrogen on the performances of combining ability and heterosis of agronomic characteristics in maize using a six-parent half diallel cross as experimental materials under four nitrogen levels (60, 120, 180, and 240 N kg/ha). The results of ANOVA showed that the effect of nitrogen on the performances of agronomic characteristics were nonsignificant, and however, the effect of genotypes were significant, respectively. This nitrogen-offsetted situation might be due largely to the different needs of various genotypes. The tendencies of general combining abilities (GCA) of agronomic characteristics under the same nitrogen level were significant different. However, there were consistent tendencies in specific combining abilities (SCA) and GCA for most of inbreds under various nitrogen levels. The degree of dominance estimated was overdominance for the agronomic characteristics evaluated and was not affected by nitrogen amount used with a exception of ear percentage. In general, the kernel number/ear,100-kernel weight, and grain yield/5 plant showed a high heterosis (H_1) at higher nitrogen rate (120 to 240 N kg/ha).

Key words : Maize, Nitrogen rate, Combining ability, Heterosis.

---

1. Contribution No. 1765 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.